取扱説明書

株式会社島津理化　　100-738

PASPort™

カセンサ（プラットフォーム）

Force Platform

PS-2141

ご使用に際しての安全上の注意事項

●この取扱説明書をよく読んで正しくご使用ください。
●いつでも取扱説明書が使用できるように大切に保管してください。
●当社では誤った使い方をしたときに生じる危険や損害の程度を，次のように規定しています。

⚠ 注 意	誤った取り扱いをすると，人が傷害を負ったり，物的損害の発生が想定される内容を示します。
注　記	機器を正しく使用していただくための情報を示しています。

絵表示の意味

	この絵表示は，禁止事項を示しています。 この絵表示の近くに，具体的な禁止内容を表記しています。

安全上の注意

⚠ 注　意

	センサは精密な電子機器です。取扱いには十分に注意し，衝撃を加えないようにしてください。

１．はじめに

この度は,『力センサ（プラットフォーム） PS-2141』をお買い上げいただきまことにありがとうございます。

力センサ（プラットフォーム）は，Pasport インターフェイスと共に使用し，最大4,400N の垂直力を連続的に測定することができます。単純に人の体重を測定することから，その場でジャンプした時の垂直力の動的な変化も測定することができます。

センサは高い分解能を持つため，ボールの跳ね返り運動などの比較的小さな力の変化も測定することができます。また，センサを壁に設置することで水平力の測定も可能であり，オプションのハンドルを用いてセンサを２枚重ね合わせることで，作用反作用の実験に用いることも可能です。

２．製品構成

① 力センサ（プラットフォーム） 1台
② 取扱説明書（本書） 1部

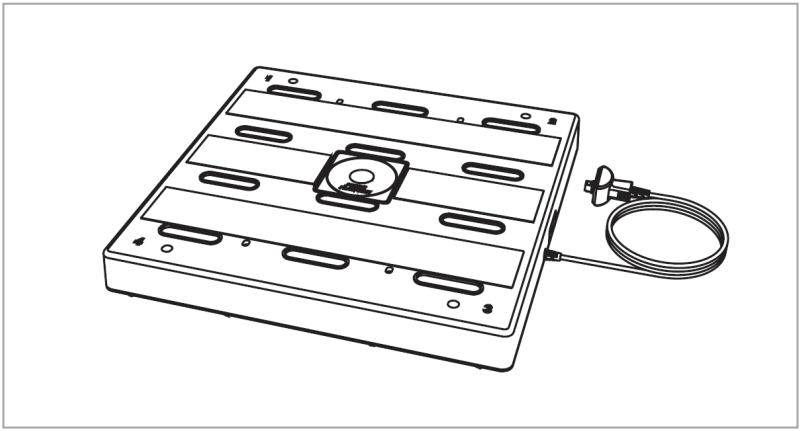


図１ 製品外観

オプション
　〇ハンドルセット　PS-2548

３．製品仕様

測定範囲	垂直力　−1,100 N ～ +4,400 N
分解能	0.1N
最大サンプリングレート	2,000Hz（GLX） 1,000Hz（その他の Pasport インターフェイス）
本体寸法	W350×L350×H40mm
重さ	約 4kg
その他の機能	風袋ボタン 過負荷防止機構(最大 6,600N)

４．動作原理

力センサ（プラットフォーム）に物体が置かれると，この物体はプラットフォームに垂直な力を加えます。この力は“物体の重さ”と言えます。プラットフォームが動かない（沈み込んだりしない）と仮定すれば，フロアからプラットフォームの脚に加えられる力は，この物体の重さに等しいことになります。

この脚は 4 本あり，それぞれの脚はひずみゲージの貼り付けられた梁（ビーム）に接続されています。このひずみゲージの電気的な抵抗変化からそれぞれの脚に加えられた加重を測定します。これら 4 つの加重を合計することで，プラットフォームに載せられている物体の重さを算出します。

この重さは時間的に一定であっても，変化していても（例えばバウンドしているボールのように）測定は可能です。センサはこの合計された重さ（加重）を出力する他に，それぞれの脚に加えられた加重も出力します。

⚠ 注　意	
	カセンサ（プラットフォーム）は，先生ご自身が演示目的でご使用するか，もしくは先生の立会いの下，生徒に使用させるようにしてください。また，以下の点に注意してください。 ・ テーブルや椅子の上などの不安定なものの上でプラットフォームを使用しないでください。 ・ プラットフォームの上で飛び跳ねたりする前に，プラットフォームが横滑りしないことを確かめ，また降りるときに足を踏み外さないように注意してください。 ・ プラットフォームの上で飛び跳ねるときは，頭上や周りにけがを負わすような物体がないことを確かめてください。

５．セットアップ

フロアでの使用

プラットフォームをフロアに置きます。測定精度を高めるためには，プラットフォームを置く場所は，できるだけ固いタイルやコンクリート，木材を選びます。カーペットや絨毯の上では，プラットフォームが動いてしまうことがあり，良い測定はできません。フロアが平らでない場合には，プラットフォームの下にあるレベリング脚を回転させることで，高さを調節することができます。4 つの脚すべてがフロアに接地するようにします。（図２）

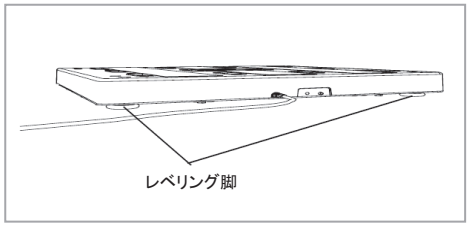


図２　フロアでの使用

壁での使用

水平方向の力を測定するには，プラットフォームの横にあるタブを利用して，プラットフォームを壁に掛けます。4つすべての脚が壁に接地するように脚を調節します。（図３）

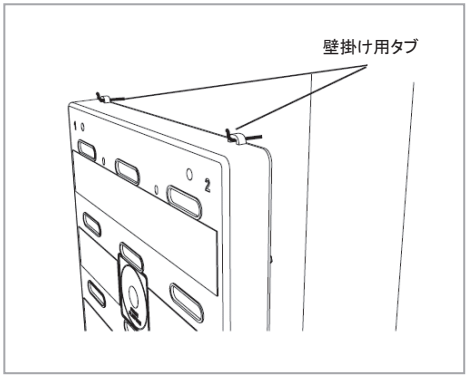


図３　壁での利用

ハンドルの利用（オプション）

オプションのハンドルをねじを用いてプラットフォーム上面に取り付けます。もしくは，プラットフォーム底面の脚を取り外し，代わりにこのハンドルを取り付けることもできます。このハンドルを持つことで，プラットフォームを壁に押し付ける際の力を測定することができます。もし，ハンドルの付いた２台のプラットフォームがあれば，それらを互いに押し付けることで，ニュートンの第3法則を実演することができます。（図４）

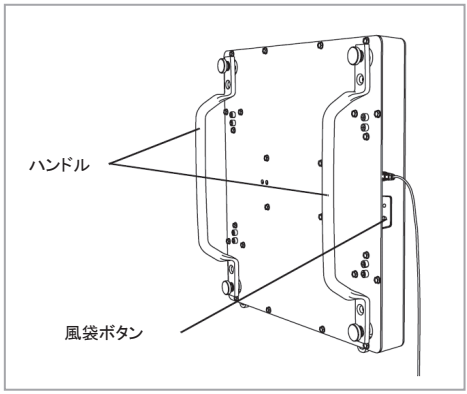


図４　ハンドルの使用

実験例：ボールの跳ね返り

この実験では，プラットフォームの上にボールを落とし，その跳ね返りを観察します。一回の跳ね返りにおける力積，および跳ね返り間の時間を測定します。

■ 準備するもの

力センサ（プラットフォーム），Pasport インターフェイス，柔らかいボール

■ 理論

ボールがプラットフォームに接触している間

ボールが落下し初めてプラットフォームと接触する瞬間から跳ね返ったボールがプラットフォームから離れる瞬間までの力の時間的変化を考えます。この間，ボールはプラットフォームから押し返されることで速度を変化させます（V_{up}-V_{down}）。ここで，V_{down}は，ボールがプラットフォームに当たり，跳ね返る直前までの速度（負の値）であり，またV_{up}はボールがプラットフォームから跳ね返り始めてからの速度（正の値）になります。ボールの質量をmとすると，運動量の変化ΔPは以下の式で表すことができます。

$$\Delta P = m \cdot \left(V_{up} - V_{down} \right)$$

ニュートンの第二法則（F=dP/dt）によれば，運動量の変化は力積に等しいことが分かっているので，以下の式が成り立ちます。

$$\Delta P = \text{力積} = \int F dt$$

したがって，ΔPは，力と時間グラフの領域に等しいことが分かります。

ボールが自由落下をしている間

各跳ね返りの間（ボールがプラットフォームに接触していないとき）は，放物運動をしていると言えます。もし最大落下距離が近距離（例えば1m未満）であれば，ボールに働く空気抵抗は無視できるほど小さいので，放物運動をするボールは，等加速度運動をしていることになります。ボールが時間t_0=0においてプラットフォームをV_0の初速度で離れたとすれば，時間t 後のボールの速度は以下のように表すことができます。

$$V = V_0 - gt$$

ここで，gは重力加速度(9.8m/s²)を示します。ボールが空中に滞在している時間（浮遊時間）がtに等しければV=－V_0となり，プラットフォームを離れたボールの速度（初速度）とプラットフォームに再度当たる時の速度は等しいことになります。したがって，初速度V_0は次のように示すことができます。

$$V_0 = \frac{1}{2}gt$$

この式から，ボールの浮遊時間を測定することで，ボールがプラットフォームに衝突する直前および直後の速度を求めることができます。この２つの速度から，ボールの慣性モーメントの変化を求めることができ，またこの結果から力積も導かれます。

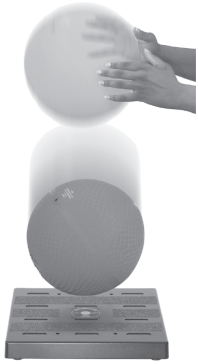
反発係数

反発係数は，ボールが跳ね返る直前と直後の速度の比を示します（両方の速度共，正の速度とします）。この係数は，いずれの跳ね返りにおいても同じ値を示します。理想的なボールと理想的なフロア表面であれば，ボールは永遠に跳ね返りし続けることになります。しかしながら，実際には，ボールの跳ね返り高さは時間と共に減少し続け，ある時間経過後にはフロア上で静止します。

■ 実験：力積と運動量

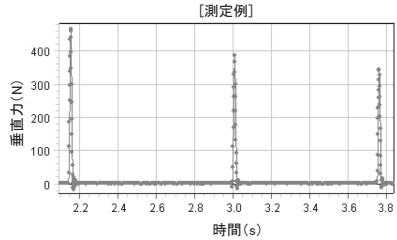
手順

1） 力センサ（プラットフォーム）のサンプリングレートを可能な限り高く（1,000Hz）に設定します。
2） 風袋ボタンを設定します。
3） ボールをプラットフォームから 0.5m ほど上に持ち上げます。
4） 開始ボタンを押しサンプリングを開始します。
5） 手からボールを放し，ボールをプラットフォームの上に落下させ，静止するまでバウンドさせます。
（注：できるだけボールをプラットフォームの中央部に落とすようにします。）
6） 停止ボタンを押しサンプリングを停止します。



解析

1）最初の跳ね返りと 2 つ目の跳ね返りの間のボールの浮遊時間 t_b を読み取ります。



2）2 つ目の跳ね返りに入る直前のボールの速度 V_{down} を計算します。

$$V_{down} = \frac{1}{2} g t_b$$

3）2 つ目の跳ね返りと 3 つ目の跳ね返りの間のボールの浮遊時間 t_a を測定します。

4）2 つ目の跳ね返りに直後のボールの速度 V_{up} を計算します。

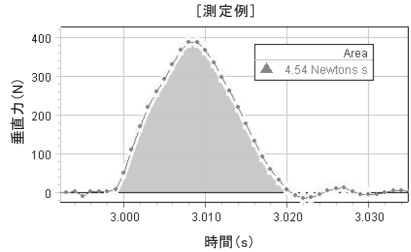
$$V_{up} = \frac{1}{2} g t_a$$

5）センサを用いて，ボールの質量 m を測定します。(測定の前に，サンプリングレートを 5Hz に変更し，再度風袋ボタンを押します)

6）ボールの運動量変化 ΔP を計算します。

$$\Delta P = m \cdot \left(V_{up} - V_{down} \right)$$

7）2 つ目の放物運動のグラフを選択し拡大表示します。統計機能を用いて領域を求めることで，力積を求めます。この値と ΔP を比較します。



8）必要であれば，反発係数（ボールが跳ね返る直前と直後の速度の比）を求めます。

６．保証・アフターサービス

6.1 保証書（別添）

●保証書は，お買上げの販売店または弊社支店・営業所からお渡しします。「製品名，形式，機体 No.（記載のあるもののみ），お買上げ日」の記載をお確かめのうえ，大切に保管してください。製品名，形式，お買上げ日が記載されていない場合は保証の対象外となりますのであらかじめご了承ください。

●保証期間は，お買上げ日より 1 ヵ年間です。保証書の記載内容により，無償で修理いたします。

●保証期間経過後の修理については，お買上げの販売店または弊社支店・営業所にご相談ください。修理によって機能が維持できる場合は，お客様のご要望により有償で修理いたします。

6.2 修理を依頼されるとき

●ご連絡いただきたい内容

○製品名
○製品の形式
○機体 No.（記載のあるもののみ）
○お買上げ日
○故障の内容（できるだけ詳細に）

} 保証書または本器に貼付されている銘板などをご参照ください。

●保証書は必ずご提示ください。

© Copyright 2010 株式会社島津理化

株式会社島津理化

〒136-0071　東京都江東区亀戸６丁目１番８号
TEL.（03）5626-6600　URL：http://www.shimadzu-rika.co.jp

本製品の技術的お問合せは，コールセンターまで
フリーダイヤル　0120-376-673（携帯電話，PHS ではご利用になれません。）
受付時間　平日 9：00～12：00，13：00～17：00
e-mail：soudan@shimadzu-rika.co.jp　FAX：（075）823-2804

PASCO scientific

M100738D1012TY001